

フルークが行っている ガードバンドセミナーについて

—判定ルールと不確かさに関する考え方—

Feb.2020
第14回不確かさクラブ総会

1

目次

- はじめに
- セミナーの概要
- セミナーの目的
- 内容の紹介
- まとめ
- ご質問

2

はじめに

“判定ルールと不確かさとフルークのガードバンドセミナー”

3

正しい測定のために

- 測定器の校正を行う
- 校正の不確かさを求める
- 校正結果の評価として、校正値と不確かさから合否を判定する
= 適合性評価

2020 Feb.

4

ISO/IEC 17025:2005

5.10.4.2

When statements of compliance are made, the uncertainty of measurement shall be taken into account.

適合性の表明を行う場合には、測定の不確かさを考慮すること。

ISO/IEC 17025:2017

7.1.3

When the customer requests a statement of conformity to a specification or standard for the test or calibration (e.g. pass/fail, in-tolerance/out-of-tolerance), the specification or standard and the **decision rule** shall be clearly defined.

顧客が、試験又は校正に関して、仕様又は規格への適合性の表明（例えば、合格／不合格、許容の範囲内／範囲外）を要請する場合は、その仕様又は規格及び**判定ルール**を明確にしなければならない。



Guidelines on Decision Rules and Statements of Conformity

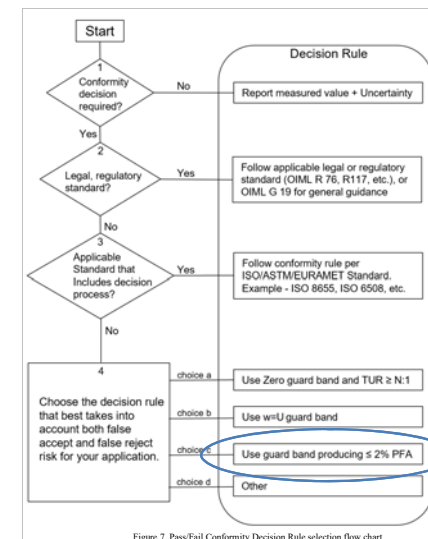
ILAC-G8:09/2019

”判定ルール”のガイドラインとして、

2019年9月

ILAC (国際試験所認定会議) より

“判定ルールと適合性の表明のガイド”
が発行された



判定ルールの選択チャート

フルークのセミナーで紹介しているガードバンド

Figure 7. Pass/Fail Conformity Decision Rule selection flow chart.

セミナーの概要

“フルークのガードバンドセミナーの概略と開催状況”

9

セミナーの案内 1/2

2017年11月にISO/IES17025が改定され、7.3.1章に校正の適合性のための“判定ルール”が導入されました。この判定ルールとしての一つの方法にガードバンドがあります。

ガードバンドは、校正を行い校正値と不確かさを得たとき、それらによる適合性の評価(=合否の判定)における誤判定のリスクについての考え方といえます。

フルークの標準室の責任者であったDavid Deaver氏は、ガードバンドに関する論文を数多く書かれました。本セミナーでは、それらの論文の中でも代表的な2つを参照しながら、ガードバンドの基本的な考え方を説明します。またDeaver氏の論文以外にも、ガードバンドについて重要な資料であるBIPMのJCGM 106.2012と、2007年のNCSLIでのMichael Dobbert氏の論文(= Understanding Measurement Risk)にも触れながら、ガードバンドの概略を紹介するセミナーとなります。

セミナーで用いるDeaver氏の論文

“How to Maintain Your Confidence”

“Guardbanding and the World of ISO Guide 25 Is there Only One Way”

10

セミナーの案内 2/2

＜こんな方に受講をおすすめ＞

- ガードバンドの考え方に関心がある
- ガードバンドについて理解したい
- 計測器の校正管理の知識を広げたい
- フルークのDavid Deaver氏の論文に関心がある

ご注意:参加のご検討に当たり、以下の点にご注意ください。

- 本セミナーでは論文にある消費者リスクなどの数式をきちんと導くことで、ガードバンドを理解する内容となり、発表内容には数式が多く含まれます。そこで、理解のためには統計学および微積分の知識が必要となります。
- 内容の理解には不確かさの知識も必要です。
- 本セミナーはガードバンドの応用ではなく、基本の理解を意図しております。また時間的な制約もあり、具体的な実例や応用例といった事例は含みません。

11

開催状況

(いつ)

2007年12月

.....

2017年3月

2017年6月

2018年1月

2018年1月

2018年10月

2019年6月

2019年6月

(どこで)

東京、名古屋、大阪、九州

.....

大阪

東京

大阪

名古屋

東京

大阪

東京

2020 Feb.

12

参加状況



- 参加者の担当職務
校正管理、校正技術、品質管理など
- 参加人数
大阪 10～15名
東京 30名前後
- フルークの校正器営業部からのダイレクトメール、または営業から直接セミナーを案内

2020 Feb.

13

セミナーで紹介する Deaver の論文



- “How to Maintain Your Confidence”
「どのように(校正の)信頼性を保つのか」
= 1993年の論文
- “Guardbanding and the World of ISO Guide 25
Is There Only One Way?”
「ガードバンドと ISOガイド25について
方法は一つだけでしょうか？」
= 1998年の論文

※ Guide25 (= ISO17025の前身)の改訂版のドラフトにある不確かさと合否の判定 (= 適合性の表明)にガードバンドのリスク管理をどう適用するか。

14

一緒にセミナーで活用する論文と資料



- “Understanding Measurement Risk”
「測定におけるリスクの理解」
= Michael Dobbert 氏(キーサイト)の2007年のNCSLIでの論文
- JCGM 106:2012
“The role of measurement uncertainty in conformity assessment”
「適合性評価における測定不確かさの役割」
= BIPMのホームページより入手可

※ JCGM は Joint Committee for Guides in Metrology の略で、GUM(測定における不確かさの表現のガイド)や VIM(国際計量計測用語)もJCGMで文書化されている。

2007年 VIM 3 を JCGM100 として発行 → ISO/IEC Guide 99
2008年 GUM を JCGM200 として発行 → ISO/IEC Guide 98-3
2012年 JCGM106 を発行 → ISO/IEC Guide 98-4

15

その他の参照資料



- ISO/IEC 17025:2017
(JIS Q 17025:2018 “試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項”)
- ILAC-G8:09/2019 “判定ルールと適合性の表明のガイド”
- GUM “測定における不確かさの表現のガイド”
- JIS Z 8103:2019 “計測用語”
- ANSI/NCSLI Z540.3-2006
“計測器および試験装置の校正のための要求事項”

2020 Feb.

16

セミナーの目的(=意図するところ)

“ どうしてガードバンドについてのセミナー行っているのか ”
 “2007年からずっとやっていなかったのに、なぜ復活したのか”

17

セミナーの目的(=意図するところ)

- ISO/IEC 17025 の改定で、判定ルールにガードバンドの考え方も導入された。そこで、改めてフルークの標準室の管理者であった David Deaver のガードバンドの論文を紹介したい。
 - Deaverの論文は計測の業界内で有名だが、内容は少々難しいので、その内容をできるだけわかりやすく伝えたい
 - Deaver 以後のガードバンドに関する論文や資料(=Dobbert, JCGM 106)を含め、考え方の共通点を示したい
 - 2007年までのガードバンドセミナーには Deaver の1998年の論文は含まれていなかった。そこで、改めて1993年の論文と1998年のものとの違いを説明したい。

2020 Feb.

18

改めて Deaver の論文を学ぶべき理由

ISO/IEC 17025 の改定で

JIS Q 17025:2018
 7.1.3

顧客が、試験又は校正に関して、仕様又は規格への適合性の表明(例えば、合格／不合格、許容の範囲内／範囲外)を要請する場合は、その仕様又は規格及び判定ルールを明確にしなければならない。

- ISO/IEC 17025 が2017年に改定され、“判定ルール”が導入された
- JIS Q 17025:2018 の 3.7 より、“判定ルール”は“特定の要求事項への適合性を表明する際に、測定不確かさをどのように考慮するかを記述した取決め”となっている
- 7.1.3 の注記には“適合性の表明に関する更なる手引について、ISO/IEC Guide 98-4 を参照”とある
 - ISO/IEC Guide 98-4 はJCGM106:2012 をISO/IEC 化したもの
- JCGM106:2012 の引用文献には、David Deaver の1993年と1998年の論文がある

19

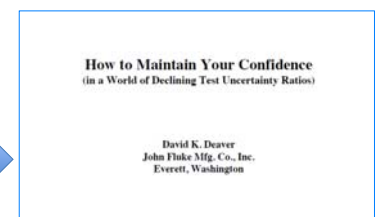
判定ルールの引用資料として

ISO/IEC Guide98-4
 JCGM 106:2012

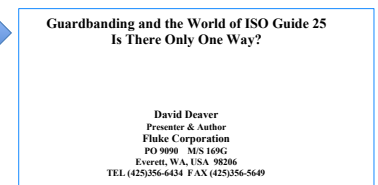


適合性評価における測定不確かさの役割

Deaver の1993年と1998年の論文



どのように(校正の)信頼性を保つのか



ガードバンドと ISOガイド25について 20

2019 Jun.

セミナーの内容について

“ セミナーでは、どのようにガードバンドを説明しているのか ”

21

セミナーの内容としては

- ガードバンドの定義の確認
- ガードバンドの分類
 - ガードバンドをリスクの計算方法から3つに分類してみる
- Deaver の論文を詳しく解説
 - 1993年の論文
 - 1998年の論文

2020 Feb.

22

ガードバンドの定義

JCGM 106:2012、 3.3.11より

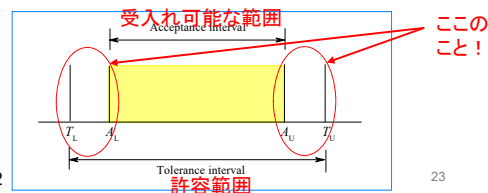


3.3.11
guard band
interval between a tolerance limit and a corresponding acceptance limit

NOTE The guard band includes the limits.

ガードバンド
許容限界とそれに対応する受け入れ可能な限界値の間の
間隔

注記 ガードバンドは限界値を含む



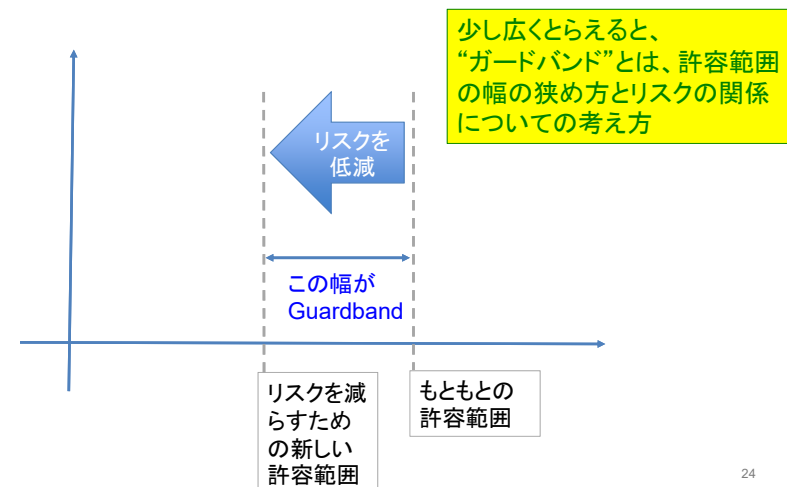
P24
Fig.12

23

2020 Feb.

ガードバンドとは、

- 不適合 (= 不合格) を減らすために、許容範囲を狭め新たな許容範囲を設定したとき、それらの間の幅のこと



2020 Feb.

24

ガードバンドの分類

① シンプルな区間推定によるガードバンド

= JCGM 106:2012, 8.3

※ この呼称は、正式な呼称が見当たらないため、本資料ではこのように呼んでいます。(JCGM の8章では Simple acceptance または guarded acceptance、ILAC-G8:09/2019 では $w=U$ guard band とった記載が)

: いわゆる統計学の区間推定からリスクを求める

② Deaver 1993の年論文のガードバンド

= Dobbert の論文の Case A

= JCGM 106:2012, 9.5 (= binary decision rule)

: 許容範囲内の任意の測定値(校正値)を得たが、実は許容外であるリスク

③ Deaver 1998年の論文のガードバンド

= Dobbert の論文の Case C

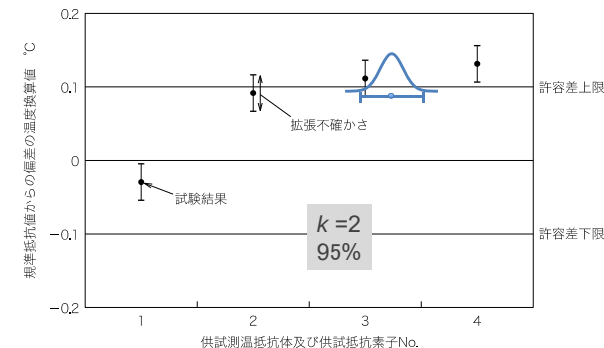
: 許容範囲内のある特定の測定値を得たが、実は許容外であるリスク

25

① 区間推定によるガードバンド

JIS C1604(測温抵抗体)より、5. 4 許容差判定

C 1604 : 2013



注記 許容差判定を目的として行われる試験において、考慮しなければならない不確かさ要因に関する指針を附属書 JA に示す。

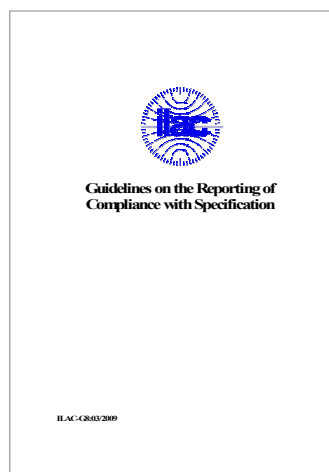
図 1—供試測温抵抗体及び供試抵抗素子に対する試験結果の例

※ 試験結果を拡張不確かさの内側にする事で、約2.5%の不合格率

26

ILAC-G8:03/2009 より

“Guideline on the Reporting of Compliance with Specification”
(仕様に対する適合性の報告におけるガイドライン)



ILAC
International Laboratory
Accreditation Conference
国際試験所認定会議
(試験・検査を実施する試験
所・検査機関並びにこれらの機
関の認定について国際的に話
し合う会議)

27

ILAC-G8:03/2009 2.3 の合否判定

Fig.1

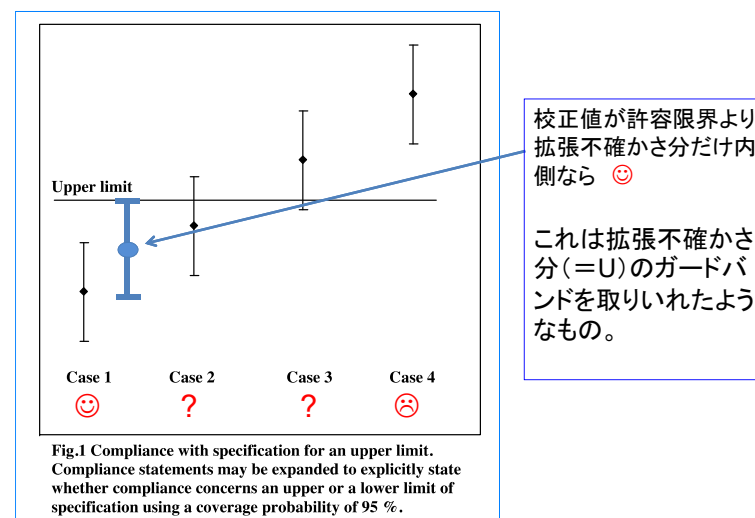


Fig.1 Compliance with specification for an upper limit. Compliance statements may be expanded to explicitly state whether compliance concerns an upper or a lower limit of specification using a coverage probability of 95 %.

28

② のガードバンド

FLUKE

Calibration

1993年の論文

Deaver の1993年の論文
にある消費者リスクの図と
計算式

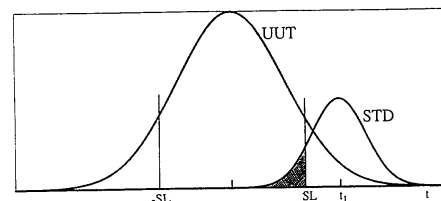


Fig. 4 Out-of-Tolerance Unit Reported as Conforming

$$CR := \frac{1}{\pi} \int_{SL}^{\infty} \int_{-R \cdot (t+SL)}^{-R \cdot (t-SL)} \exp \left[-\frac{(s^2 + t^2)}{2} \right] ds dt$$

29

Deaver の1993年の論文

FLUKE

Calibration

どのように(校正の)信頼性を保つのか

How to Maintain Your Confidence (in a World of Declining Test Uncertainty Ratios)

David K. Deaver
John Fluke Mfg. Co., Inc.
Everett, Washington

30

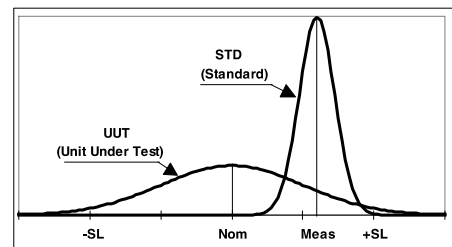
③ のガードバンド

FLUKE

Calibration

1998年の論文

Deaver の1998年の論文
にある消費者リスクの図と
計算式



$$P(x > SL | TL) = \frac{\int_{SL}^{\infty} e^{-\frac{x^2 + TUR^2 (K \cdot SL - x)^2}{2}} dx}{\int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{x^2 + TUR^2 (K \cdot SL - x)^2}{2}} dx}$$

31

Deaver の1998年の論文

FLUKE

Calibration

ガードバンディングとISOガイド25について、
方法は一つだけでしょうか？

Guardbanding and the World of ISO Guide 25 Is There Only One Way?

David Deaver
Presenter & Author
Fluke Corporation
PO 9090 M/S 169G
Everett, WA, USA 98206
TEL (425)356-6434 FAX (425)356-5649

32

Deaver の1993年の論文

- ① 論文の概要
- ② リスクの種類
- ③ リスクの図(=グラフ)の見方
- ④ リスクの計算式
- ⑤ 不確かさ比: TURとガードバンド係数: K
- ⑥ リスクとガードバンドのチャート

33

① 論文の概要 (Abstract より)

テストリミット(TL)を仕様の許容限界値(SL)と異なる値に設定することは、不良品を受け入れるリスク(CR: コンシューマーリスク、消費者リスク)と合格品を除外するリスク(PR: プロデューサーリスク、製造者リスク)に影響を与えます。消費者リスクを最小限に抑える、消費者リスクを製造者リスクと等しくする、全てのリスクの最小化、あるいは製造者と消費者の不合格のコストを等しくするなど、さまざまな方針・方法を実現するためのテストリミットの設定法について述べます。

この論文では、テストリミットを設定するための統計的な基本の確認から、テストリミット、消費者リスク、そして製造者リスクの複雑な計算を単純化するための多くのチャートを含みます。どのような方針・方法を選ぶかは、これらチャートを使用して素早く確認することができます。

34

② リスクの種類

- CR(Consumer Risk、消費者リスク)とは、仕様の規格外の不合格品を規格内の合格品と誤判定するリスクのこと
- PR(Producer Risk、製造者リスク)とは、仕様の規格内の合格品を規格外の不合格品と誤判定するリスクのこと
- このセミナーでは、主に CR について見ていくことに

35

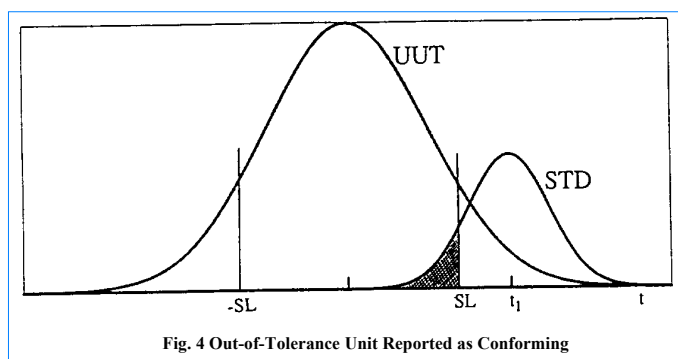
CR と FAR

- ガードバンドの資料によっては、CR: Consumer Risk のことを FAR: Fails Acceptance Risk、不良品を合格として受け入れるリスクと表現しているものがある
- FAR と CR は同じ意味で、製造メーカーや校正事業者が仕様外(= 許容範囲外)の不良品を合格と判定することで、結果的には顧客(= 消費者)に不合格品が提供されること
- 他にも同様の意味で使われる用語としては、
 - FA: False Accept または False Acceptance
 - PFA: Probability of False Acceptance

36

③ リスクの図

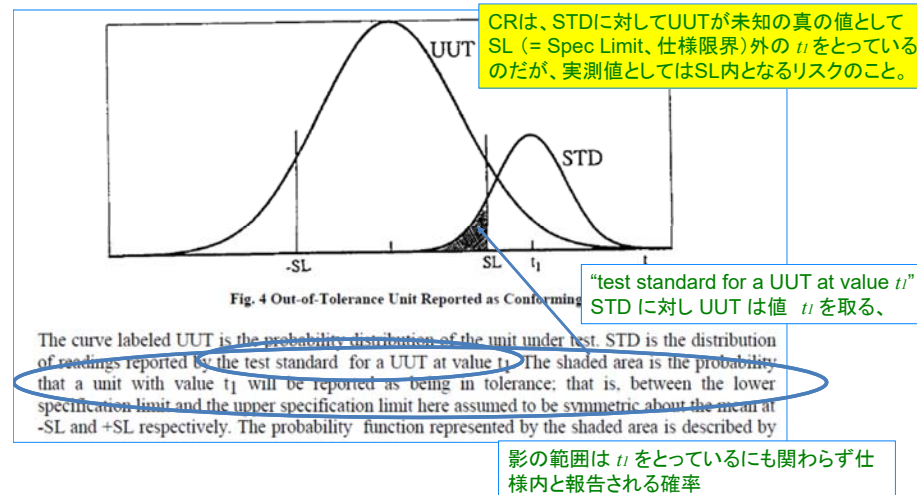
消費者リスク(CR)を表す図4(= Fig.4)の見方について確認



この図の意味するところとは？

CR(消費者リスク)を表す図4の見方

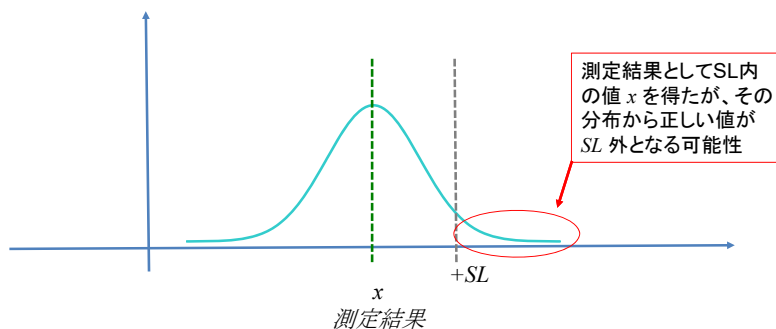
図4 (= Fig.4)はCRの図で、UUTとSTDの分布があり...



区間推定では、

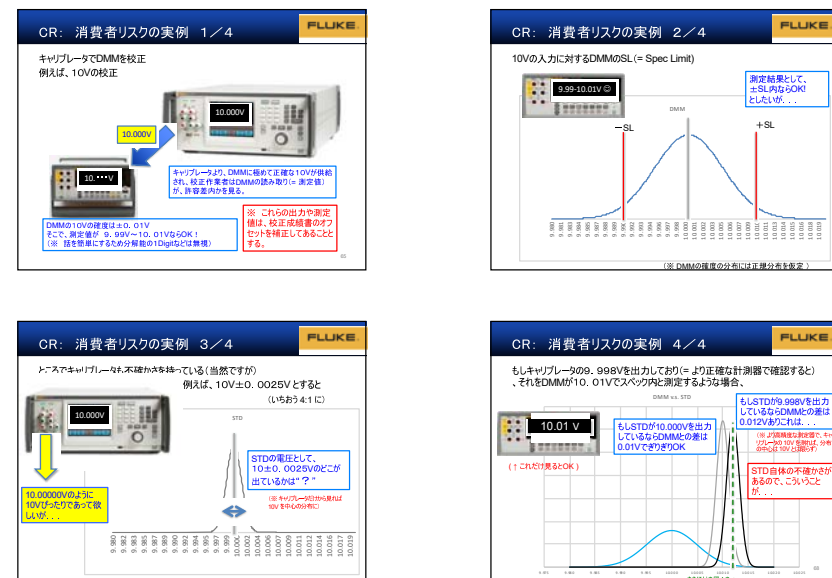
測定値 (= 校正値) x が許容上限の $+SL$ 以内にある、

その測定値の不確かさの分布が、許容上限値の $+SL$ を超えたところがリスクとなる



2020 Feb.

校正の実例を用いた説明

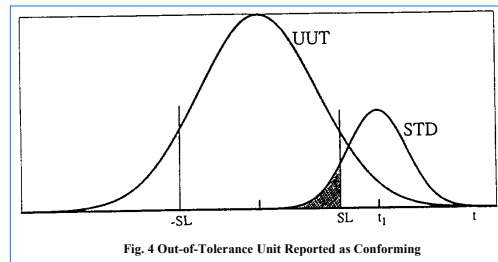


④ リスクの計算式

FLUKE

Calibration

図4 (= Fig.4) のから式4 (= Eq.4) を求めてみる、



Eq. 4

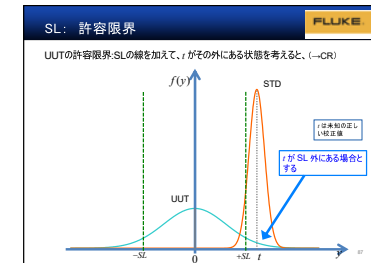
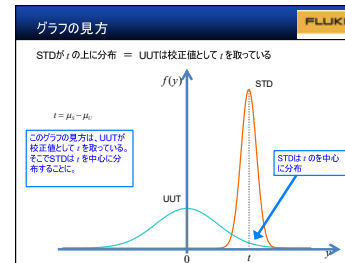
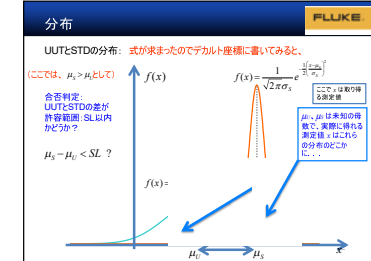
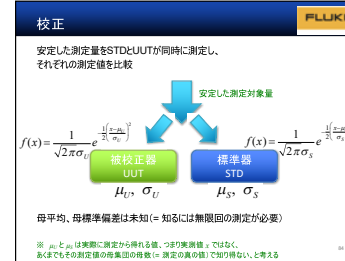
$$CR := \frac{1}{\pi} \int_{SL}^{\infty} \int_{-R \cdot (t - SL)}^{-R \cdot (t + SL)} \exp \left[-\frac{(s^2 + t^2)}{2} \right] ds dt$$

41

校正値の分布のグラフについて

FLUKE

Calibration

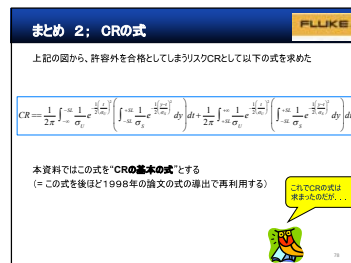
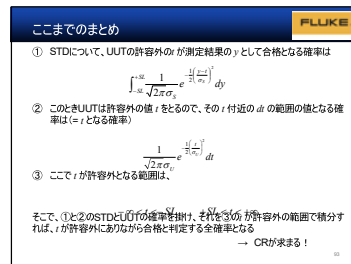
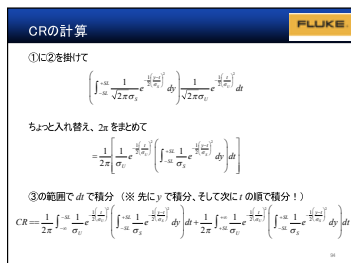
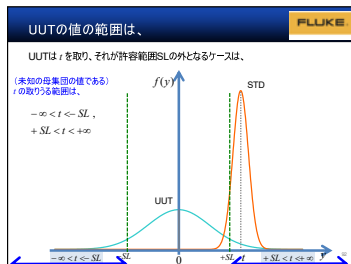


42

グラフからリスクの計算式を求める

FLUKE

Calibration



43

まとめ; CRの式

FLUKE

Calibration

図から、許容外を合格とってしまうリスク(=CR)として以下の式が求まる

$$CR = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{-SL} \frac{1}{\sigma_U} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t}{\sigma_U}\right)^2} dt \left(\int_{-\infty}^{-SL} \frac{1}{\sigma_S} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t}{\sigma_S}\right)^2} dt \right) + \frac{1}{2\pi} \int_{+SL}^{+\infty} \frac{1}{\sigma_U} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t}{\sigma_U}\right)^2} dt \left(\int_{-\infty}^{-SL} \frac{1}{\sigma_S} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t}{\sigma_S}\right)^2} dt \right)$$

この式で、

σ_S : STDの標準不確かさ

σ_U : UUTの標準不確かさ

y : 測定値として得る値

t : 未知の真の値

SL: 仕様の限界値

セミナーではこの式を“CRの基本の式”とし、この式からDeaverの1993年と1998年の論文の式を導出していく。

また、この式がJCGMとDobbertの論文の式と同じものであることも確認する。

44

⑤不確かさ比: TUR

FLUKE

Calibration

テストの不確かさ比: TURは1993年の論文では“R”と表記されており、Deaver のガードバンドで重要なパラメータのひとつ

where R is the test uncertainty ratio (TUR) defined as the uncertainty of the UUT divided by the uncertainty of the STD. It is important to note that the TUR is the ratio of UUT's specifications to the STD's specifications only if both devices were specified with the same confidence. The portion

R とは テストの不確かさの比 (TUR) のことで、UUTの不確かさをSTDの不確かさで割った値として定義する。大事なことは、これらは同じ信頼の水準で (= 例えば1標準偏差の値どうしで) 計算すること、とある

$$\text{つまり、} R = TUR = \frac{\sigma_{UUT}}{\sigma_{STD}}$$

ここで注意として、その直後にTURはUUTの仕様と、STDの仕様の比であるとの記載があること

45

⑤ ガードバンド係数: K

FLUKE

Calibration

- さらに新たなパラメータを導入
 - K: ガードバンド係数 ($0 < K < 1$ の実数)
 - TL: Test Limit、ガードバンド係数により新たに設けた試験・校正の限界値
 - (SL: Spec Limit、UUTの仕様の許容限界)
- K、TL、SLの関係
 - $TL = K \times SL$
- TL (= テストリミット、校正／試験の限界値) として、SL (= スペックリミット、製品の仕様に基づいた許容値/ 限界値) より厳しい判定基準 ($TL = K \times SL$) を導入し、CR (= 不良品を合格とするリスク) を低減する

46

ガードバンドのあるリスクの図

FLUKE

Calibration

Fig.9

Guardbanding, the technique of setting test limits different from specification limits, offers an additional alternative. Though the probability of making faulty test decisions increases with decreasing TURs, the test limits can be placed to set the desired level of consumer risk or producer risk. For example, it is possible, with a 2:1 TUR, to keep the same risk of accepting defective units as a 4:1 TUR by setting the test limits (TL) inside the specification limits. The price to be paid for controlling the consumer risk is that the producer risk can be much higher than for a 4:1 TUR.

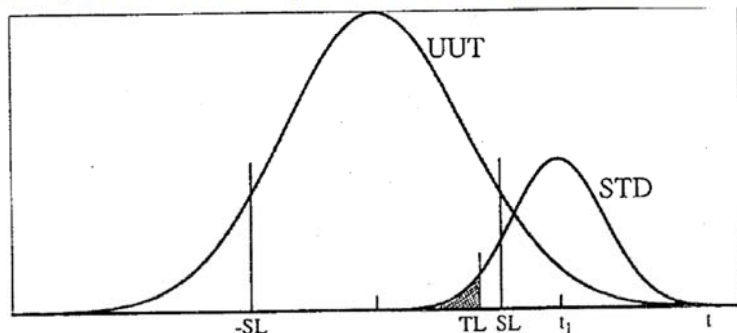


Fig. 9 Out-of-Tolerance Unit Reported as Conforming Despite Guardband

47

ガードバンド

FLUKE

Calibration

- 図9よりガードバンドを図示すると、TLがSLの内側にあり、その分だけ許容範囲が厳しくなった状況が見て取れる
- ガードバンドを一言でいってしまうと、試験や校正の許容範囲を狭くして、誤判定のリスク (= 顧客に不具合品の提供) をおさえること
- Deaver の論文は、不確かさ比: TUR (= ここではR) やガードバンド係数: K を導入し、それらと消費者リスク: CR の関係を求めるという仕組みとなっている
 - このとき、UUTの仕様の分布とSTDによる校正の分布に正規分布を仮定
- そして、ガードバンドどれだけ狭くするか (= Kの値のとり方) により、リスクをどれだけ低減できるか (= CRがどんな値となるのか) がポイントとなる
 - KとCRの関係を、チャートで簡単に判定!

48

ガードバンド係数を含む式の確認

FLUKE

Calibration

式6 (Eq.6): ガードバンド係数Kを含むCRの式

$$0 < K < 1$$

$$K \cdot SL = TL < SL$$

$$(TL = K \cdot SL)$$

Eq. 6

$$CR := \frac{1}{\pi} \int_{SL}^{\infty} \left[\frac{-R \cdot (t - K \cdot SL)}{-R \cdot (t + K \cdot SL)} \right] \exp \left[-\frac{(s^2 + t^2)}{2} \right] ds dt$$

校正値／試験結果に対して新しい許容範囲を適用

ただし、真の値の範囲は元の許容範囲SLの外に

JCGM106 9.5.3.1 式(19)
Dobbert 11.3 章
でも同様の範囲に

ガードバンドは校正作業者が得る測定結果 (= 校正値) に対して許容範囲を狭めること

49

⑥ リスクとガードバンドのチャート

FLUKE

Calibration

論文の後半部 (Appendix) には多くのチャートがあり、これらを用いて、素早く必要なガードバンド係数を求められる

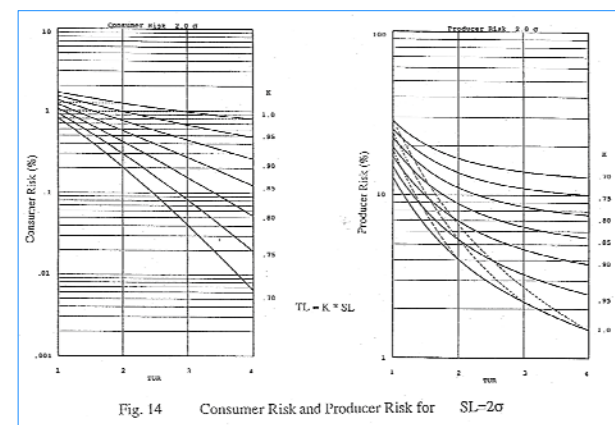


Fig. 14 Consumer Risk and Producer Risk for $SL=2\sigma$

SLが1σ から3σ まで5ページにわたってCRとPRのチャートが用意されている

チャートについて

FLUKE

Calibration

- 論文の後半部には、⑤のリスクの式から作ったチャートが載っている
- チャートはSLを何σとするかに応じて5種類(1σ~3σ まで0.5σ 刻み)
- Deaverの1993年の論文ではこれらのチャートを用い、校正のTURと受け入れ可能なCR(消費者リスク)がどれだけかがわかれば、SLに対してどれくらいのガードバンド(K)が必要かが直ぐわかる仕組みになっている
- この1993年の論文は、前半部(リスクの図や計算式)はややこしいが、後半部(チャート)のほうはやさしく、TURとCRがわかればチャートからKが容易に求まる

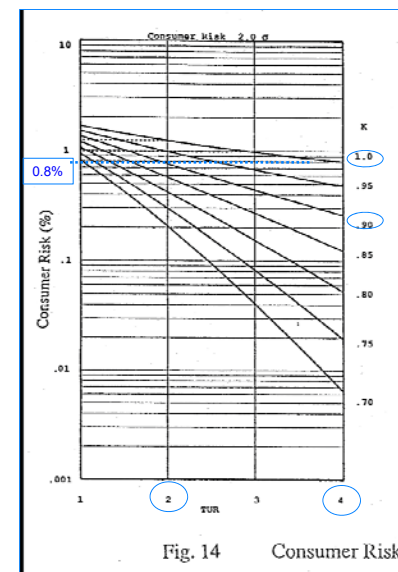
51

チャートの見方(図14の場合)

FLUKE

Calibration

Fig. 14
Consumer Risk
 $SL=2\sigma$
(論文には、SLごとのチャートが5パターン)



- CRをいくつに?
例: CR=0.8%
- TURは?
例: TUR=4:1
- 必要なガードバンドは?
K=?

A: 約 1.0 (図8と同じ)

- CRをいくつに?
例: CR=0.8%
- TURは?
例: TUR=2:1
- 必要なガードバンドは?
K=?

A: 約 0.91 (図11と同じ)

52

Deaver の1998年の論文

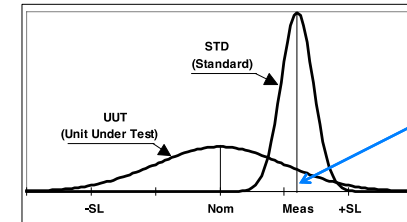
- リスクの図と計算式
- リスクとガードバンドのチャートの見方

53

リスクの図と計算式

THE MEASUREMENT PROBLEM

Let us examine the typical measurement problem shown in Figure 1 below; the determination of the true value of the output of a unit under test (UUT) when a given (Nom) output is selected.



図も計算式も1993年のものとは様子が違ってあり...

ここでは、実際の測定値がSL内に

UUT: The distribution of possible values for the is requested.
Nom: The nominal (selected) value for the UUT
-SL: Lower specification limit for the UUT
+SL: Upper specification limit for the UUT
STD: The distribution of possible true values of produce the "Meas" value from the Star
Meas: The value reported by the STD for the act

Figure 1: Nomenclature

$$P(x > SL | TL) = \frac{\int_{SL}^{\infty} e^{-\frac{x^2 + TUR^2 (K \cdot SL - x)^2}{2}} dx}{\int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{x^2 + TUR^2 (K \cdot SL - x)^2}{2}} dx}$$

54

計算式とリスクの図の確認

CR 計算の式を1998年版に書き換え

- STDとUUTの母平均から求めたCRの基本の式は
- 上記の式は実測値である y が許容範囲内 ($-SL < y < +SL$) となるときに、本当の正しい値である t が許容外となる状況を表している
- この式で y が許容範囲内 ($-SL < y < +SL$) の特定の値をとるケースを考え、その時に t が許容外となる状況を表す式を $f(y, t < -SL, t > +SL)$ とすると

※ この f は y の積分を取り扱っているので確率ではない

確率を求めるには、

- ここで y が許容範囲内 ($-SL < y < +SL$) の特定の値をとって、 t はすべての値をとる、つまり全てのケースを表す $f(y, -\infty < t < +\infty)$ は、
- そこで y が許容範囲内 ($-SL < y < +SL$) の特定の値をとって、 t が許容外となる確率は、

$$\frac{f(y, t < -SL, t > +SL)}{f(y, -\infty < t < +\infty)} = \frac{\int_{-\infty}^{-SL} e^{-\frac{t^2}{2\sigma_t^2}} \times e^{-\frac{(y-t)^2}{2\sigma_y^2}} dt + \int_{+SL}^{+\infty} e^{-\frac{t^2}{2\sigma_t^2}} \times e^{-\frac{(y-t)^2}{2\sigma_y^2}} dt}{\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{t^2}{2\sigma_t^2}} \times e^{-\frac{(y-t)^2}{2\sigma_y^2}} dt}$$

※ f は y の積分を取り扱っているため確率ではないが、この割り算でようやく確率に

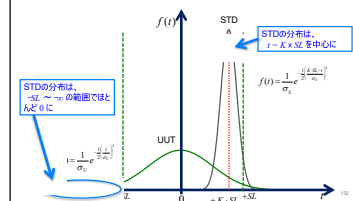
特定の値として許容限界値を

- 次に y が許容限界 ($y = K \times SL$) の値をとって、 t が許容外となる確率は、
- 分子にある第1項(マイナス側からの外れで小さな値となる)は無視して、

$$\frac{f(y = K \cdot SL, t < -SL, t > +SL)}{f(y = K \cdot SL, -\infty < t < +\infty)} = \frac{\int_{-\infty}^{-SL} e^{-\frac{t^2}{2\sigma_t^2}} \times e^{-\frac{(K \cdot SL - t)^2}{2\sigma_y^2}} dt}{\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{t^2}{2\sigma_t^2}} \times e^{-\frac{(K \cdot SL - t)^2}{2\sigma_y^2}} dt}$$

分布のグラフは、

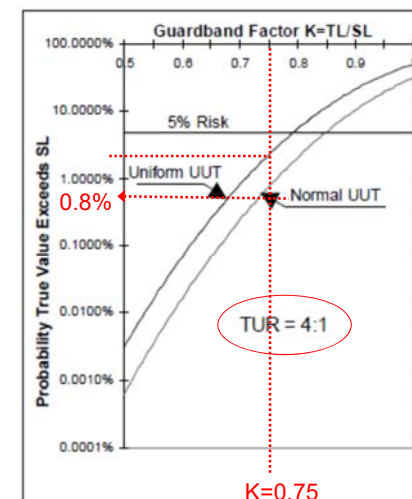
式 f の関数になっているので、横軸を t として、それぞれの正規分布は



55

リスクとガードバンドのチャートの見方

図の5: K, TUR、そしてリスクの関係



TUR = 4 : 1、K = 0.75 で、UUTに正規分布を仮定したとき、リスクは約0.8%

56

1998年の論文については、

FLUKE

Calibration

- P44で求めておいた“基本の式”を変形して、1998年の論文にあるリスクの式と図を説明
- 1993年の論文ではどこでもよいので合格範囲内の結果を得たが実際には不合格であるリスクで、1998年の論文は合格範囲のぎりぎりの1つの値を得たときに実は不合格となるリスクとなる
 - そのために計算式が大きく異なることに
 - DobbertのCaseCでは、合格範囲の1つの値(=限界値だけではなく)
- ILAC-G8:09/2019の判定ルール選択チャートでは、一番下の“Other”に該当しそう
 - 1993年の論文は、“guard band producing <2% PFA”に該当

2020 Feb.

57

判定ルールの選択チャート(もう一度)

FLUKE

Calibration

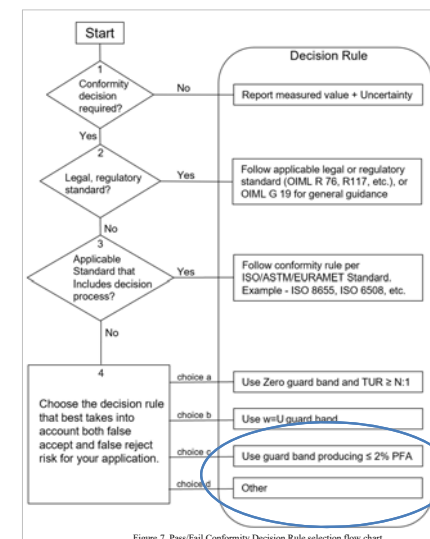


Figure 7. Pass/Fail Conformity Decision Rule selection flow chart.

2020 Feb.

58

ILAC-G8:09/2019 の
Figure 7

まとめ

FLUKE

Calibration

- フルークでは2017年よりガードバンドのセミナーを行っている(=再開している)
- その内容は、David Deaverの1993年と1998年の論文を紹介するものとなっている
- 特に1993年の論文にあるリスクの計算は、ILAC-G8:09/2019の判定ルールの“guard band producing <2% PFA”に該当
- 1998年の論文とNCSLIで発表されたDobbertの論文、そしてJCGM 106 も紹介することで、現時点でのガードバンド全体を俯瞰する内容に

2020 Feb.

59

ご質問?

FLUKE

Calibration

? ? ?

60